中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(4) : 303~311 (1983)

期作間水稻光合成物質生產、分配及產量之比較[1]

魏夢麗　　劉大江[2]

摘要：本試驗於1981年二期作與1982年一期作分別在屏東與臺中二地區進行，在水稻生育期間測定不同器官內乾物質，全氮及非構造性碳水化合物 (TNC) 含量的變化，以明瞭品種間，區域間與期作間產量差異的原因。

水稻抽穗時之全株乾物重以一期作為高，其中以屏東區臺農67號差異最為明顯，臺中地區臺農67號及臺南5號的差異較小。二期作稻抽穗期全株乾物重低落原因主要受分蘖數較少的影響，就單一分蘖平均乾重進行比較，反以二期作稍高。抽穗後穀粒發育期間乾物質的生產量，亦以一期作顯著優於二期作，屏東地區的差別最為明顯。

一期作水稻抽穗時莖稈內 TNC 濃度顯著高於二期作，抽穗期營養器官內 TNC 含量為二期作之1.5—5.5倍，表示有較多的預貯物質。抽穗後穀粒充實期間，屏東、臺中二地區之一期作 TNC 生產量高於二期作。非構造性碳水化合物收穫指數 (HTNCI) 均高，介於 0.93—0.98 之間，無地區、品種或期作性差異。而產量經由預貯物質而來的百分比 (pre-heading storage contribution)，一期作介於17.8—22.5%之間，二期作為11.6—17.9%。

葉片為水稻植株內含氮濃度較高之器官，屏東、臺中二地區於抽穗期葉片氮濃度表現不一致，但屏東區臺農67號葉片內氮濃度明顯的以一期作為低，和一期作極高產與二期作低產的表現，可推知抽穗期葉片內全氮濃度的高低與產量間的關係並不單純。植株的全氮收穫指數 (HNI) 以一期作為高，介於0.70—0.81之間，二期作為0.65—0.76，顯示前者有較多的轉流量，氮代謝作用與碳代謝作用之間可能互為影響，值得進一步研究。

期作間產量差異比較發現，千粒重差別不大，每穗穎花數與結實率乘積在期作間亦相似，穗數為決定產量的最主要因子。二期作低產除了穗數較少及抽穗時乾物重與 TNC 含量較低外，穀粒充實期間乾物質淨生產量亦較低，為今後謀求二期作水稻增產應注意的方向。

本研究室以往的試驗報告[8,15]發現一期作水稻於成熟期營養器官仍貯存有相當穗部總量 20% 的 TNC，而二期作成熟期營養器官內僅含有3－4%之 TNC，無法供應穗部需要。因此提出假說認為一期作之貯蓄 (sink) 容積為產量限制因子，而提高穀粒充實期間光合成能力，可能增高二期作水稻產量。

林[1]曾提出第二期作水稻光合作用能力 (photosynthetic capacity) 及光合作用效率 (photosynthetic efficiency) 均較一期作為低。謝[6]報告抽穗前預貯物質對穀產量的貢獻以一期作所佔的比率較高，二期作產量不僅受產量能力 (yield capacity) 的限制，且受抽穗後同化作用低下的影響。一般認為穀產量中碳水化合物的20%由抽穗前預貯養份而來。二期作除了光合作用能力低之外，抽穗後之光合成物質由葉部供源 (source) 輸送至穀粒內的情形，仍待進一步研究。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1128 號。

2.本所農藝系助理與研究員兼系主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

本試驗目的爲探討一、二期作水稻的光合成物質累積與分配效率的變化，提供爲增加水稻產量之參考。

材料與方法

試驗採用粳稻臺農67號及臺南5號兩品種爲材料，於1981年二期作及1982年一期作進行，在屏東市屏東農專農場係以臺農67號爲材料，採手植方式栽培，行株距爲 27×18 cm。在臺中縣霧峰鄉農業試驗所農場則採用臺農67號、臺南5號兩個水稻品種，以機插方式栽培，行株距爲 30×15 cm。本試驗採用完全逢機區集設計，重複三次。

樣品的採取爲自抽穗期至成熟期間，每十天採樣一次，每次於各小區取10株水稻，將地上部分區分爲葉片、莖稈與穗部。樣品置於 100 °C 通風乾燥箱 2 小時後，以 70 °C 繼續乾燥 24 小時。烘乾之樣品，經測定乾物重後，使用40目篩以 Wiley mill 磨粉，供化學分析用。

TNC 測定依照 Smith [11] 法進行，樣品磨粉後於 40 °C 下以 takadiastase (Clarase 40,000，美國 MilesLaboratories, Inc. 出品)水解44小時，然後再依Shaeffer-Somogyi 的 Copperiodometric 法測定還原醣。氮素依 semi-micro Kjeldahl 法測定。

水稻成熟時，調查穗數、每穗穎花數、結實率、千粒重與產量。

結　果

屏東地區臺農67號一、二期作乾物重變化示於圖1，第一期作水稻抽穗期的全株乾物重爲 54.8g，收穫時爲 78.1g，淨增加 23.3g；抽穗時營養器官乾物重佔全株之83.6%，主要由莖稈 (32.2g)

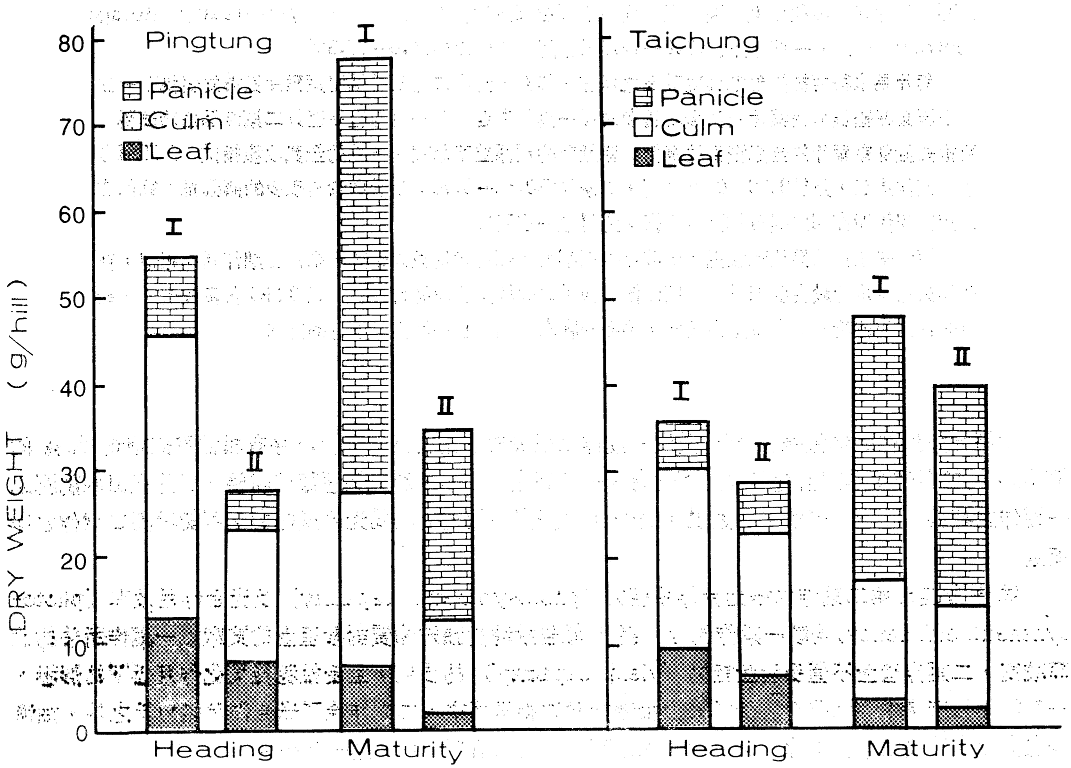

Fig. 1. Changes in dry weight (g/hill) from heading to maturity of Tainung No. 67 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons.

與葉片（13.6 g）構成。成熟期則以穗部（47.9 g）最高，佔全株乾物重的 61.3%。二期作抽穗期全株乾物重爲 27.9g，至成熟期增爲 34.9g，抽穗期之乾物重主要亦是由營養器官構成，佔全株乾物重之84.1%，成熟期穗部乾物重爲 22.2g，佔全株乾物重之57.3%。期作間之比較顯示，一期作抽穗期全株乾物重較二期作高49.1%，其中營養器官約高50%，成熟期全株乾物重則增高55.3%，穗部乾物重亦增加53.7%。

臺中地區臺農67號一、二期作乾物重變化示於圖1，臺中區一期作抽穗期全株乾物重爲 35.9g，穀粒充實期間增加 12.1g，而穗部乾物重爲 30.4g，佔全株之 63.5%。二期作抽穗期乾物重 28.8g，主要由營養器官（22.6g）組成，成熟時全株乾物重增爲 39.9g，穗部重 25.6g，佔全株之64.2%。一期作抽穗期全株乾物重較二期作高19.8%，至成熟期增高16.9%，穗部一期作（30.4 g）較二期作（25.6g）高出15.8%。

屏東地區臺農67號 TNC 含量變化示於圖2，一期作稻於抽穗期全株 TNC 含量爲 11.4g，其中營養器官爲 10.6g，約佔全株含量 93%，成熟期全株含量增至 32.1g，以穗部 31.3g 佔全株含量97.5%，營養器官則減少 9.8g，僅爲 0.8g，佔全株含量2.5%。二期作抽穗期全株 TNC 含量僅有3.2g，其中營養器官 2.8g，穗部爲 0.4g，成熟期全株含量增至爲 14.3g，營養器官降至 0.8g，爲抽穗期之35%，穗部增加 13.3g，佔全株含量之 95.8%。一、二期作 TNC 含量變化情形相似，抽穗期 TNC 含量主要存於營養器官中，隨著穀粒的發育，TNC 自營養器官轉移至穗部中，以一期作 TNC 含量較高，成熟期時約爲二期作的 2.2倍。

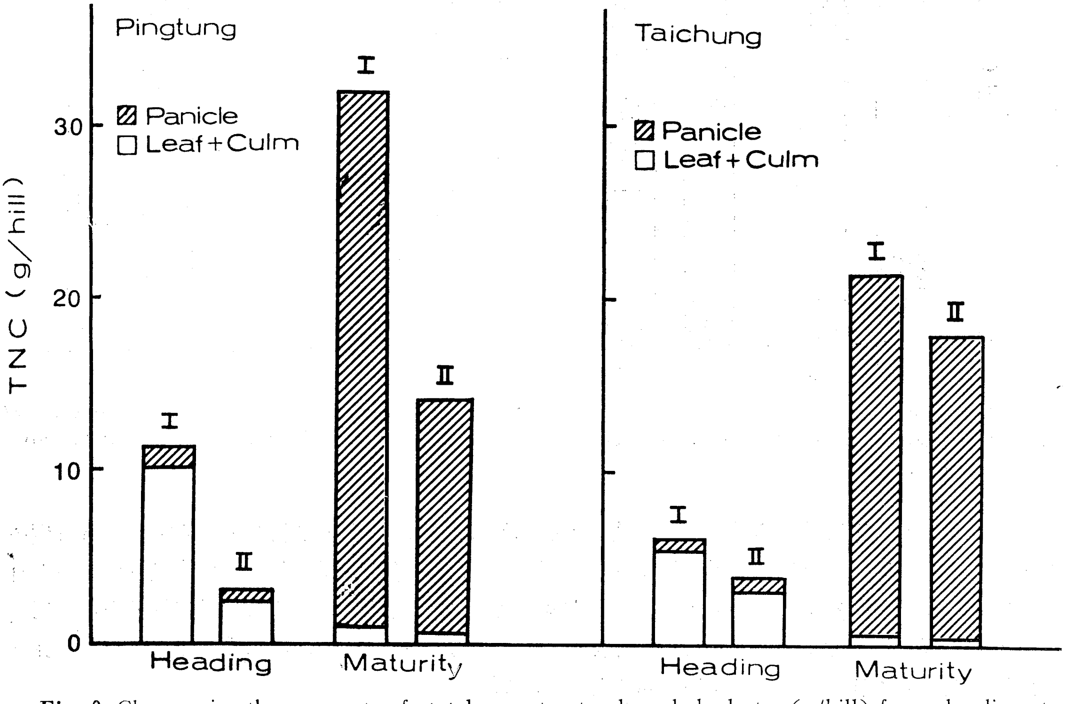

Fig. 2. Changes in the amount of total nonstructural carbohydrates (g/hill) from heading to maturity of Tainung No. 67 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons.

臺中地區臺農67號 TNC 含量變化示於圖2，一期作稻株 TNC 含量由抽穗期 6.2g 增至成熟期21.4g，營養器官由 5.9g 降低爲 0.7g，穗部 TNC 含量則由 0.3g 激增至 20.7g。二期作抽穗期TNC 含量爲 4.3g，營養器官 3.6g，約佔全株83.7%，成熟期 TNC 含量增加 17.8g，穗部含量佔全株97.7%，營養器官減少 3.2g，亦即較抽穗時減少88%。一期作之 TNC 含量較二期作高，與

屏東地區試驗結果比較，則含量較低。一期作 TNC 含量約爲二期作的 1.2 倍。

臺中地區臺南 5 號一、二期作乾物重變化列於圖 3，一期作抽穗期全株乾物重由 30.4g 增至成熟期 46.6g，增加量爲 16.2g，營養器官由 26.1g 下降至 17.2g，穗部增爲 29.5g，佔全株乾物重 63%。二期作抽穗期全株乾物重爲 29.2g，至成熟期增加 6.0g，使全穗重量增爲 35.2g，葉片與莖稈乾物重減少 10.5g，穗重增加 18.5g。一期作全株乾物重 (46.6g) 較二期作 (35.2g) 高出11.4g。TNC 含量變化示於圖 3，結果顯示一期作抽穗期全株含有 6.2g 的 TNC，其中93.5%存於營養器官中，隨著穀粒充實，穗部含量增至 19.4g，佔成熟期 (20.1g) 之96.5%。二期作 TNC 含量變化由抽穗期 4.7g 至成熟期 14.7g，增加量爲 10.0g，穗部增加 13.5g，營養器官減少量爲 3.5g，佔抽穗時的90%。一期作 TNC 含量約爲二期作1.4倍。

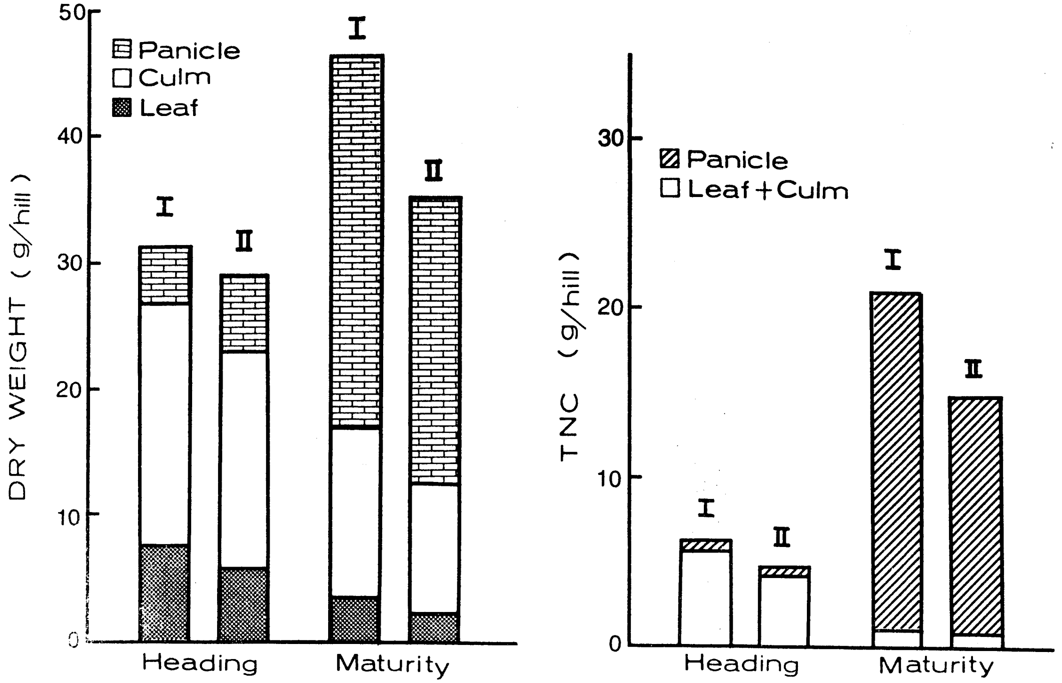

Fig. 3. Changes in dry weight (g/hill) and the amount of total nonstructural carbohydrates (g/hill) from heading to maturity of Tainan No. 5 rice in the first (1982) and second (1981) crop seasons (Taichung experiment).

各品種的葉片氮素濃度示於表 1，屏東地區臺農67號一、二期作表現相似，抽穗時葉片氮濃度較高，分別爲2.21%與2.73%，成熟時降低至0.67%及1.54%。臺中地區臺農67號葉片氮濃度，一期作抽穗期爲2.42%，成熟期爲1.06%，二期作則較屏東區爲低，抽穗期爲2.30%，成熟期降爲1.18%。臺中地區臺南 5 號葉片氮濃度表現恰和屏東區臺農67號相反，抽穗期一期作氮濃度較高，爲2.72%，二期作則較低，僅有2.27%，成熟期氮濃度分別爲1.29%與1.39%。

品種間 TNC 濃度變化示於表 2，屏東地區臺農67號一期作葉片 TNC 濃度自抽穗期之 6.3% 降至成熟期之1.9%，稈部濃度亦由30.1%，急遽降低爲 3.5%，穗部最初濃度爲 8.9%，成熟期則高達 65.6%。二期作葉片 TNC濃度變化甚微，均在 3 %左右，稈部由抽穗期之16.4%降至成熟期之4.7%，穗部成熟期濃度達66.4%。臺中地區臺農67號葉片 TNC濃度較高，一、二期作抽穗期分別爲5.3%及4.4%，成熟期爲2.8%與3.0%。莖稈 TNC 濃度期作間表現相似，抽穗期爲 25.5%及 20.2%，成熟期降至4.3%與2.6%。穗部成熟期濃度分別爲66.6%與68.1%。臺中區臺南 5 號葉片 TNC 濃度抽

穗期為3.7% 與 3.1%，成熟期一期作降為 2.9%，二期作升高至 7.0%。莖稈濃度之降低幅度甚大，自29.7%—22.4%降為4.7%—3.5%。成熟期穗部 TNC 濃度分別為66.6%及69.7%。

Table 1. Nitrogen concentration of rice leaf blade at heading and maturity stages (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

Crop season	Growth stage	Tainung No. 67		Tainan No. 5
		Pingtung	Taichung	Taichung
First	Heading	2.21±0.18[a]	2.42±0.15	2.72±0.15
	Maturity	0.67±0.03	1.06±0.15	1.29±0.11
Second	Heading	2.73±0.13	2.30±0.20	2.27±0.19
	Maturity	1.54±0.10	1.18±0.02	1.39±0.12

a : mean±S. E.

Table 2. Total nonstructural carbohydrate concentration of rice plant fractions at heading and maturity stages (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

Plant fraction	Growth stage	Tainung No. 67 (Pingtung)		Tainung No. 67 (Taichung)		Tainan No. 5 (Taichung)	
		1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop	1st crop	2nd crop
Leaf	Heading	6.3±0.7[a]	3.2±0.5	5.3±0.8	4.4±0.3	3.7±0.5	3.1±0.6
	Maturity	1.9±0.3	3.3±0.5	2.8±0.7	3.0±0.3	2.9±0.5	7.0±0.5
Culm	Heading	30.1±1.7	6.4±1.9	25.5±2.6	20.2±2.6	29.7±2.9	22.4±2.1
	Maturity	3.5±1.3	4.7±3.3	4.3±2.0	2.6±0.2	4.7±1.9	3.5±1.5
Panicle	Heading	8.9±1.1	8.1±2.8	6.0±0.6	10.5±0.8	8.5±1.6	9.9±2.4
	Maturity	5.6±4.7	66.4±2.1	66.6±3.9	68.1±2.5	66.6±2.3	69.7±2.2

a : mean±S. E.

產量構成要素與其他相關性狀，由表 3 可知，屏東區臺農67號一期作穗數高達25.3，臺中區二品種之穗數相近，分別為16.8與15.2，二期作屏東區臺農67號穗數為10.2，臺中區臺南 5 號為11.5。每穗穎花數一期作臺中區臺農67號較高，為102.8，臺南 5 號為88.2；屏東區臺農67號為 94.7。二期作屏東區臺農67號為107.2，臺中區臺南 5 號為100.6。結實率一期作在89.7%—83.9%之間，二期作介於 78.5%—72.6% ，千粒重則在區域間差異甚微，介於 22.0g—23.9g 之間。每株水稻穀產量一期作以屏東區臺農67號最高 47.9g ，臺中區之臺農67號及臺南 5 號分別為 28.8g 與 30.5g，二期作屏東區臺農67號為 20.0g，臺中區二品種分別為 19.7g 與 22.5g。收穫指數 (HI) 一期作均在 0.6 以上，二期作為0.57。氮收穫指數 (harvest nitrogen index) 一期作變異較大，屏東區臺農67號較高為0.81，臺中區則介於0.70—0.76。二期作則以臺中區臺農67號最高0.76。TNC 收穫指數 (harvest TNC index) 期作間除了臺中區臺南 5 號稍低為 0.93，其餘均達 0.96以上，穀粒發育過程中，營養器官所含 TNC 可貢獻部份產量，如不考慮呼吸作用的消耗，假設轉移效率 (translocation effi-

ciency）爲70%，以屏東區臺農 67 號一期作最高（22.5%），二期作最低（11.6%）；臺中區二品種則介於18.8%—14.9%之間。

Table 3. Yield components and indices of harvest fractions of rice cultivars grown in different loction (1st crop, 1982 and 2nd crop, 1981)

Variety and location	Crop season	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	Seed-setting (%)	1000-grain weight (g)	Grain yield per hill (g)	Harvest index	HNI[a]	HTNCI[b]	Preheading storage contribution[c] (%)
Tainung 67 (Pingtung)	First	25.3±4.3	94.7±10.3	89.7±3.0	22.0±0.7	47.9±7.6	0.61	0.81	0.96	22.5
	Second	10.2±2.1	107.2±15.1	78.5±8.1	23.2±1.3	20.0±5.2	0.57	0.68	0.96	11.6
Tainan 5 (Taichung)	First	16.8±3.1	88.2±14.4	36.2±5.0	22.9±1.1	28.8±5.5	0.62	0.70	0.96	18.8
	Second	11.5±2.0	100.6±18.7	72.6±4.9	23.9±1.2	19.7±3.8	0.56	0.65	0.93	17.9
Tainung 67 (Taichung)	First	15.2±2.2	102.8±18.4	83.9±7.1	23.4±1.4	30.5±6.6	0.64	0.76	0.96	17.8
	Second	—	—	—	—	22.5	0.56	0.76	0.98	14.9

a. Harvest nitrogen index=amount of N in filled grain/amount of N in whole plant.
b. Harvest TNC index=amount of TNC in filled grain/amount of TNC in whole plant.
c. Percent of harvest TNC contributed by TNC stored in vegetative organs before heading, translocation efficiency of 70% was presumed.

討　論

以全省平均而言，屏東地區一期作水稻之產量最高，但期作間之產量差異也最大[5]，本項試驗發現，屏東地區臺農67號水稻一期作抽穗時之乾物重極高，每株平均爲 54.8g，二期作僅爲 27.9g與謝[6]在臺北地區的試驗結果相同，謝[6] 並提出，水稻產量與抽穗時之乾物重可能有正相關關係存在。本省中部爲期作性水稻產量差異較小的地區，而由圖1與圖3可知，臺農67號與臺南5號水稻抽穗時之乾物質生產量也顯示較小的期作間差異（臺農67號分別爲 35.9g 與 28.8g，臺南5號爲 30.4g 與 29.2g），亦即抽穗前的光合成能力已對產量表現具有影響。

就抽穗後穀粒發育期間的乾物質生產量進行比較，也發現一期作顯著優於二期作，尤以屏東地區的差別最爲明顯；臺農67號在屏東地區一期作之每株增加量爲 23.3g，二期作爲 7.0g，臺中地區一期作爲 12.1g，二期作爲 11.1g（圖1），而臺南5號水稻在臺中地區分別爲 16.2g 與 6.0g（圖3）。謝[6] 認爲臺北南港地區二期作產量受抽穗後同化作用低下的影響，本試驗證明在臺中與屏東地區也有相似的結果。

二期作稻抽穗期全株乾重低落主要係受分蘖數較少的影響，由圖1、圖3與表3的資料分析顯示，單一分蘖的乾物重反以二期作爲高，以屏東地區之臺農 67 號爲例，一、二 期作分別爲 2.17g 與 2.74g。但抽穗後的乾物質淨生產能力以二期作偏低，至成熟時每一分蘖平均乾物重分別爲 3.09g 與 3.42g，亦即單一分蘖在穀粒充實期間乾物質增加量則分別爲 0.92g 與 0.68g，與 Wei *et al.*[15] 就單一分蘖進行的研究結果相符合。在產量比較方面，屏東區臺農 67 號兩期作的每一分蘖分別爲 1.89g 與1.96g，即一期作有較高的收穫指數（表3）與乾物質分配效率。Wei *et al.*[15] 指出一期作主稈與早期發生之一次分蘖之單一分蘖產量較二期作爲高，本試驗則係以全株產量估算單一分蘖產量，由於取樣基準有異，可能爲兩項試驗結果具有差異之原因。

水稻之莖稈具有貯存碳水化合物的功能，而其濃度大約在抽穗時達到高峯[16]，Chen *et al.*[8] 報

告臺中與臺北地區一期作水稻抽穗時莖稈內非構造性碳水化合物（TNC）濃度顯著高於二期作，本試驗也有相同的結果（表2）；此外，由於一期作的莖稈乾物重較高（圖1與3），致使莖稈之TNC含量（g/hill）也有明顯的期作性差異（圖2與3）亦即一期作水稻有較多的抽穗前預貯物質（pre-heading storage）可供穀粒發育之需。就抽穗與成熟期營養器官內 TNC 含量之消長而言，一期作爲二期作之1.5—5.5倍，視地區與品種而異，其中以屏東地區之臺農67號最爲明顯，一期作抽穗時營養器官含有 TNC 之量爲 10.6 g/hill，成熟時爲 0.8g，差異爲 9.8g，二期作之差異僅爲 1.8g。抽穗前預貯養份轉移至穗部的效率因環境因子的不同而有差別，Cock and Yoshida[9] 估計爲 68—77%，其餘部份則未經轉移或爲呼吸作用所消耗。Liu[4] 曾建議抽穗時莖稈內 TNC 濃度可能影響期作間的產量表現。但本試驗建議，如能就植株之 TNC 含量與轉移效率進行比較，當更具意義。

鄔等[5]與 Wei *et al*[15] 估算抽穗前預貯物質對產量貢獻的百分比，均以二期作爲高，謝[6]之結論則以一期作爲高，本試驗（表3）亦發現臺中與屏東兩個地區水稻產量經由預貯物質而來的百分比（pre-heading storage contribution），一期作爲17.8—22.5%，二期作爲11.6—17.9%，以前者爲高；此項結果與本研究室較早的報告[15]及鄔等[5]報告並不符合，主要原因可能在影響此一表現的因子較預期者更爲複雜。雖然 Yoshida[16]與 Bidinger *et al*[7] 認爲不良環境下預貯物質對產量更具重要性，但由於氮肥用量及日照與氣溫等氣象因子對抽穗前植株中 TNC 之蓄積均有很大的影響，因而年度間與期作間的變化極大[10,13]，此外此項貢獻百分比亦受到貯蓄容積（sink size）與抽穗後同化能力的共同作用[6,15]，以及因葉片與葉鞘萎凋脫落而造成的取樣損失[7]，故計算此一數值與評估其重要性時應有更慎重的考慮。

表3顯示，非構造性碳水化合物收穫指數（HTNCI）極高，均介於0.93至0.98之間，未顯示期作、品種或地區間之差異，亦即成熟稻株內之有效性碳水化合物均集中於穗部。Wei *et al.*[15] 曾提出建議，由於一期作稻之大分蘗在成熟時仍有將近 20% 之 TNC 存在於營養器官內，因而認爲產量限制因子爲穗部容積。本試驗係以全株材料爲分析單位，並未區分分蘗之大小，但無論如何，成熟時營養器官內所含 TNC 不致超過總量之10%以上，兩項研究差異的確實原因未能明瞭，但可能係受環境與栽培條件的影響[10,13]。

葉片爲全氮濃度與蛋白質濃度最高之營養器官，Chen *et al*[8] 發現抽穗期之葉片氮濃度以二期作爲高，但各項生理活性則較低[2,3]，因此提出氮素組成（composition）較濃度（concentration）爲重要的假設。本項研究的結果（表1）雖然未獲得完全一致的結論，但屏東地區臺農67號葉片氮濃度卻明顯的以一期作爲低（兩期作分別爲2.21%與2.73%），配合一期作極高與二期作極低的產量（表3）表現，仍足以支持 Chen *et al*[8] 的假說。

水稻和豆類作物相同，葉片內的氮素可轉移至穗部，因而導致植株之老化[12]。葉片氮濃度自抽穗後逐漸下降，降低的幅度以一期作較大（表2），又植株的全氮收穫指數（HNI）亦以一期作爲高（表3），顯示有較多的轉流量。Tsai *et al*[14] 認爲玉米籽粒容納含氮化合物總量的多少與產量有相關性，亦即氮生產量（N productivity）與碳水化合物生產量（C productivity）有關，此一假設是否適用於水稻，尚缺足够的試驗資料可爲依據，惟本研究室未發表的試驗結果顯示，大粒水稻品種 Mira 抽穗期的葉片全氮濃度及氮轉流量均超出臺農67號水稻50%以上，而其單一分蘗的產量也有相同的表現，表示就產量生理而言，氮代謝作用與碳代謝作用之間可能互爲影響，值得做進一步的研究。

綜合以上的結果與討論，對水稻品種間、地區間與期作間的產量差異進行生理分析，千粒重的差別不大，每穗穎花數與結實率乘積的期作間比較也相似，亦即穗數爲決定產量的最重要因子。穗數少亦爲導致二期作抽穗時乾物重與 TNC 含量低下的主因，益以穀粒充實期間較低的同化作用能力，造成期作間產量的差別。目前本省水稻生產雖然過剩，但提高單位面積產量仍有必要，今後水稻生理研究工作，針對生育後期的光合能力，以及氮-碳之間的交感作用成爲應該注意的方向。

引用文獻

1. 林安秋・1979・一、二期作水稻羣落光合作用之比較。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。(謝順景、劉大江主編),行政院國家科學委員會出版。
2. 林安秋、陳建山・1976・第二期稻作低產原因之研究。 I、一、二期作水稻之分蘗特性比較。科學發展月刊,4 (10) :53—70。
3. 林安秋、蘇新,1976・第二期稻作低產原因之研究。 II、一、二期作水稻羣落光合作用之比較。科學發展月刊,4 (11) :5—21。
4. 劉大江・1979・水稻生育期溫度對碳水化合物累積與轉流之影響。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。(謝順景、劉大江主編),行政院國家科學委員會出版。
5. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎・1975・第二期作低產原因之探討。科學發展月刊,3 (10) :5—39。
6. 謝昱暉・1979・一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」。(謝順景、劉大江主編),行政院國家科學委員會出版。
7. Bidinger. F., R. B. Musgrave and R. A. Fisher. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature 270 : 431-433.
8. Chen , C. S., D. D. Huang, M. C. Shen and D. J. Liu. 1980. Carbohydrate N, P, and K status of developing ric (*Oryza. sativa* L.) plants grown in the first and second crop seasons in Taiwan. J. Agri. Res. China 29 : 81-92.
9. Cock. J. and S. Yoshida. 1972. Accumulation of ^{14}C-labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 41 : 226-234.
10. Judel, G. K. and K. Mengel. 1982. Effect of shading on nonstructural carbohydrates and their turnover in culms and leaves during the grain-filling period of spring wheat. Crop Sci. 22 : 958-962.
11. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agri. Exp. Sta. Rep. #41.
12. Thom, W. O., T. C. Miller and D. H. Bowman. 1981. Floiar fertilization of rice after Midseason. Agron. J. 73 : 411-414.
13. McCraig, T. N. and J. M. Clarke. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrate levels of wheat and oats grown in a semiarid environment. Crop Sci. 22 : 963-970.
14. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1978. Relationship of the kerel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18 : 399-404.
15. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982 Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (A) 6 (3) : 190-196.
16. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 437-464.

Comparison on the Yield and the Production and Distribution of Dry Matter in Rice between Crop Seasons[1]

M. L. Wei and D. J. Liu[2]

Summary

Two rice cultivars, Tainung 67 and Tainan 5, were grown in either Pingtung or Taichung area in the second crop of 1981 and first crop of 1982. Dry weight and contents of total nonstructural carbohydrates (TNC) and total nitrogen (N) in different plant fractions were determined at stages of grain-filling. The purpose of this study was to investigate the causes of yield difference due to location, varietal or seasonal factors.

Dry weight per hill at heading was consistently higher for the first than for the second crop. The difference was most significant for rice grown in Pingtung area. The lower dry weight of the second crop rice was due mainly to the fewer number of tillers per hill. Results showed that on a per tiller basis, the second crop rice possessed higher dry weight. The capability of dry matter production was higher for rice of the first crop season.

Culms of the first crop rice contained 1.5-5.5 times more TNC than those of the second crop rice at heading, a result of higher TNC concentration and dry weight per hill. The production of TNC during grain-filling was superior for the first crop rice. Regardless of crop season or location, the harvest TNC index (HTNCI) ranged between 0.93 to 0.98. In other words, the efficiency of utilizing TNC by the rice was extremely high. The contribution of preheading storage to yield were 17.8-22.5% and 11.6-17.9% for the first and second crops, respectively.

No consistent relationship between N concentration in leaf blade at heading and final grain yield was observed. However, compared to the second crop, the first crop rice in Pingtung had lower leaf blade N but significantly higher yield, indicating the correlation between these two characters was not simple. Harvest N index (HNI) was 0.70-0.81 for the first and 0.65-0.76 for the second crop. The interaction between the translocation of N and TNC from vegetative tissue to the grain was suggested.

Analysis of yield components showed similar 1,000-grain weight and product of spikelet number per panicle by the percentage of ripened grain. The lower yield of the second crop rice was caused by few panicle number and lower contents of dry matter and TNC at heading. The enhancement of photosynthetic capability during grain filling was also of utmost importance in terms of increasing the yield of second rice crops in Taiwan.

---

1. Contribution No. 1128 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Research Assistant and Senior Agronomist and Head, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.